



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107131918 A

(43)申请公布日 2017.09.05

(21)申请号 201710529754.X

G01R 19/04(2006.01)

(22)申请日 2017.07.02

(71)申请人 中国计量大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园  
学源街258号

(72)发明人 赵伟国 章涛 虞结勇

(74)专利代理机构 杭州奥创知识产权代理有限  
公司 33272

代理人 王佳健

(51) Int. Cl.

G01F 1/66(2006.01)

G01F 15/00(2006.01)

G05B 19/042(2006.01)

H03F 3/68(2006.01)

G01R 29/027(2006.01)

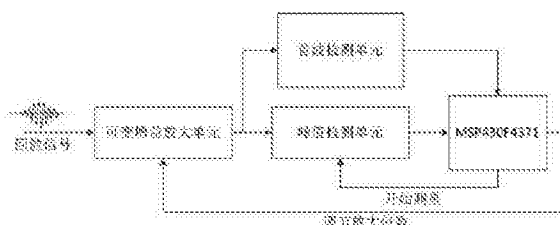
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种低功耗超声波流量计回波信号处理方法及电路

(57)摘要

本发明公开了一种低功耗超声波流量计回波信号处理方法及电路。本发明包括可变增益放大单元、峰值检测单元、首波检测单元以及单片机单元。本发明的超声波流量计回波信号处理方法利用首波检测,准确判断是否接受到回波,再控制峰值检测单元使能,进行回波峰值测量,根据峰值检测得到的AD值与设定的电压值区间比较,调节放大倍数保证测量回波信号的一致性,既降低了由于放大倍数不同对波形的影响,也降低了电路的功耗。



1. 低功耗超声波流量计回波信号处理方法,其特征在于:

超声波传感器接收的回波信号输入到可变增益放大单元,将回波信号进行初步放大,再将放大信号传入首波检测单元进行检测;

首波检测单元通过设定关于回波信号相对零点的对称阈值分别作为两个比较器的参考电压,得到两组方波信号,再通过异或门得到的方波信号即为首波检测单元输出信号;

首波检测单元输出信号使单片机进入中断,控制峰值检测上电进行AD采样;

单片机将峰值检测单元得到的AD采样电压与设定的电压值进行比较,调节控制电压改变可变增益放大电路的放大倍数;

当采样的电压在设定的区间内,则根据首波检测单元输出的方波上升沿和下降沿到达时间计算首波过零点时间,准确确定回波信号首波过零点位置从而实现超声波飞行时间的准确测量。

2. 实现权利要求1所述方法的低功耗超声波流量计回波信号处理电路,其特征在于:它包括可变增益放大单元、峰值检测单元、首波检测单元以及单片机单元;超声波信号接收传感器分别接可变增益放大单元中可变增益放大器的两个输入端,可变增益放大器的信号输出端与可变增益放大单元中运算放大器的正向输入端连接,可变增益放大器的增益控制电压与单片机单元中数字转模拟电路的第三通道连接;可变增益放大单元的信号输出端与峰值检测单元的正输入端相连接,峰值检测单元使能信号与单片机单元中单片机I/O口连接,峰值检测单元的输出信号与单片机I/O口连接;可变增益放大单元的信号输出端与首波检测单元中的两路比较器正输入端连接,两路比较器负输入端分别与数字转模拟电路的第一通道和第二通道连接,首波检测单元的信号输出端与单片机单元中的单片机I/O口连接。

## 一种低功耗超声波流量计回波信号处理方法及电路

### 技术领域

[0001] 本发明属于流量检测技术领域,涉及一种低功耗超声波流量计回波信号处理方法及电路。

### 背景技术

[0002] 随着政府加快建设资源节约型,环境友好型社会的趋势,流量计量也开始朝着高精度、高重复性、低压损的方向。超声波流量计和其他流量计相比,拥有者以上特点。

[0003] 超声波流量计一般都采用时差法进行流量测量,即分别用上下游两个超声波换能器发射超声波信号,测量另一个换能器所接收到超声波信号的时间,两个时间的差值与管路中的流体流速有关。但是由于气体的声阻抗较大,所以超声波信号在气体中传播衰减严重,传感器所接收到的回波信号非常微弱,因此需要对回波信号进行放大处理并且由于测量的重复性要求必须保证每次接收到的回波信号峰值相一致。

[0004] 通常采用包络线法,将回波信号进行包络处理,改变放大倍数调整包络峰值,保持与设定电压值相等,然后测量包络信号到达峰值的时间,从而得到超声波信号的传播时间。这种方法只能粗略的测量传播时间,会导致精度的下降,同时相同的放大倍数会影响回波信号的波形使包络波形发生变化会引入新的测量误差。

[0005] 另一种是设置单阈值,回波首波信号与阈值电压比较得到方波信号,这时的第一个方波的到达时间就作为超声波信号的飞行时间,这种方法易受到干扰影响。除此之外在气体流动中也会存在漩涡,这会导致在相同的气体流速下,超声波传播的声程会存在差异。由于超声波流量计具有高精度、高重复性的特点,所以在回波信号处理时,如果处理不当将会导致流量计精度和重复性下降,甚至无法完成计量任务。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有技术的不足,提出了低功耗超声波流量计回波信号处理方法及电路,对超声波传感器所接收到的回波信号进行处理。

[0007] 本发明的低功耗超声波流量计回波信号处理方法是:将接收到的超声波回波信号利用可变增益放大单元进行放大,通过首波检测单元检测是否接收到回波,若接收到回波信号,单片机进入中断,峰值检测单元使能进行回波信号最大峰值AD采样,单片机将峰值检测单元得到AD采样值与设定采样值区间进行比较,从而调整可变增益放大单元的反馈电压。这种方法可以控制峰值检测单元的运行时间,在有回波信号的时候才进行峰值检测实现了低功耗。

[0008] 首波检测功能是将经过可变增益放大单元升压后的放大回波信号分别通过两个电压比较器,设置两个电压比较器的两个不同比较电压,将输出的回波信号转为方波,将两个方波通过异或门,获得一个方波信号,读取方波的上升沿和下降沿的时间,计算首波过零点时间。这个首波检测方法可以减少因为放大倍数变化使波形发生变化所带来的误差,准确确定回波信号首波过零点位置,提高整个测量的准确性。

[0009] 本发明的硬件电路包括可变增益放大单元、峰值检测单元、首波检测单元以及单片机单元。

[0010] 超声波传感器接收的回波信号输入到可变增益放大单元,将回波信号进行初步放大,再将放大信号传入首波检测单元进行检测。单片机接收首波检测单元输出信号,将峰值检测单元使能进行峰值检测。单片机将峰值检测单元得到的AD采样值与设定的采样值区间进行比较,调节控制电压从而调整可变增益放大电路的放大倍数。当采样的峰值在设定的一定区内,则根据首波检测单元输出信号的上升沿和下降沿时间计算首波过零点时间,从而实现超声波飞行时间的测量。

[0011] 本发明的有益效果在于:本发明设计的测量方法保证每次测量的回波信号峰值相同,即回波信号的信号强度一致,同时采用首波来测量飞行时间可以降低由于回波信号处理电路的放大倍数不同所导致的回波信号的波形发生变化,影响测量的精度和重复性。整个回波信号处理实现了控制峰值测量,降低了电路的功耗,实现了低功耗。

## 附图说明

[0012] 图1是回波信号处理系统框图;

图2是可变增益放大单元电路图;

图3是峰值检测单元电路图;

图4是首波检测单元电路图;

图5是单片机单元连接图;

图6是低功耗超声波流量计回波信号处理方法流程图;

图7是首波检测信号时域图。

## 具体实施方式

[0013] 以下结合附图进一步说明本发明提出的一种低功耗超声波流量计回波信号处理方法及电路。

[0014] 参照图1,整个系统框架结构是将接收到的回波信号在可变增益放大单元进行信号放大,放大信号经过首波检测单元将回波信号转变成方波传入单片机单元,单片机单元接收到方波信号,将峰值检测单元使能进行峰值检测,将检测峰值传入单片机单元与设定电压值进行比较从而控制可变增益放大单元放大倍数,直到检测到的采样信号在设定的范围内,单片机单元将发出超声波信号至首波单元传入的方波上升沿的时间 $T_1$ 和发出超声波信号至首波单元传入方波下降沿的时间 $T_2$ 记录,则首波的飞行时间 $T$ 为:

$$T = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{2}$$

参照图2,可变增益放大单元采用的线性可变增益运算放大器LMH6502,以及运算放大器OPA836。可变增益放大单元通过根据控制电压 $V_G$ 调整超声波回波信号的放大倍数达到每次测量的超声波回波信号的峰值均一致,从而提高测量的准确性。超声波信号接收传感器T21两端分别接电容C21,电容C22的一端。线性可变增益运算放大器LMH6502为U21,U21的1脚、13脚、14脚接5V电压,U21的2脚接控制电压 $V_G$ ,U21的3脚分别接电容C21的另一端和电阻R21的一端,U21的4脚和5脚接在电阻R23的两端,U21的6脚分别接电容C22的另一端和电阻

R22的一端,U21的7脚和8脚接地,U21的9脚和11脚分别接电阻R21,电阻R22,电阻R24,电阻R25和电容C23的一端。U21的10脚接电容C24和电阻R26的一端,U21的12脚接电阻R26的另一端。电阻R25的另一端接5V电压。电阻R24和电容C23的另一端接地。电容C24另一端接电阻R27。运算放大器OPA836为U22,U22的5脚和6脚接3V电压,U22的2脚接地,U22的4脚接1.5V电压,U22的3脚接电阻R27的另一端以及电容C25和电阻R28的一端,U22的1脚接电容C25和电阻R28的另一端,以及作为信号Signal\_1输出端。

[0015] 参照图3,峰值检测单元采用运算放大器TLV2470A和光耦TLP521。峰值检测单元通过使能信号SHUT\_DOWN控制峰值检测单元的状态,当SHUT\_DOWN信号为低时,峰值检测单元进行峰值采样,测量回波信号的峰值。运算放大器TLV2470A为U31,U31的6脚接3V,U31的2脚接地,U31的4脚接二极管D32的一端,U31的3脚分别接限幅二极管D31,电阻R31的一端以及信号Signal\_1输入端,U31的5脚是使能信号SHUT\_DOWN输入端,U31的1脚分别接二极管D32的另一端和、二极管D33的一端和电阻R32的一端。限幅二极管D31的另一端和电阻R31的另一端接地。光耦TLP521为U32,U32的1脚接3V电压,U32的2脚是信号CLR\_PEAK的输入端,U32的3脚接电阻R34,U32的4脚接地。二极管D33的另一端接电阻R33的一端。电阻R33的另一端接电阻R34的另一端,极性电容CD31的一端,电容C31的一端,电阻R35的一端以及作为信号Signal\_2的输出端。电阻R32的另一端,极性电容CD31的另一端,电容C31的另一端和电阻R35的另一端都接地。

[0016] 参照图4,首波检测单元采用比较器TLV3502和异或门逻辑电平转换器SN74LV1T86。比较器TLV3502具有两个通道,通道一的比较电压设置成 $V_{ref1}$ ,通道二的比较电压设置成 $V_{ref2}$ ,两个比较参考电压关于回波信号相对零点对称,超声波回波放大信号分别输入两路比较器,产生的方波信号经过异或门SN74LV1T86所得到的方波上下沿的时间即可计算得到首波到达的飞行时间T。其中芯片TLV3502为U41是由两个比较器集成分别是U41\_A和U41\_B,U41的8脚接3V,U41的5脚接地,U41的2脚是信号DAC\_1输入端同时与电阻R41的一端和电容C41的一端相连接,U41的1脚和3脚接二极管D41的一端和电阻R42的一端,U41的4脚是信号DAC\_2输入端同时与电阻R43的一端和电容C42的一端相连接,U41的7脚接U42的1脚,U41的6脚接U42的2脚。电阻R41的另一端,电阻R42的另一端,电阻R43的另一端,电容R41的另一端和电容R42的另一端接地。二极管D41的另一端是信号Signal\_1的输入端。异或门逻辑电平转换器SN74LV1T86为U42,U42的5脚接3V,U42的3脚接地,U42的4脚是信号Signal\_3的输出端。

[0017] 参照图5,单片机单元采用单片机MSP430FG437和四路轨至轨16位I<sup>2</sup>C输入DAC8574。单片机控制DAC8574分别输出比较器1的参考电压DAC\_1,比较器2的参考电压DAC\_2以及可变增益放大器的控制电压 $V_G$ ,单片机接收峰值信号和首波信号,输出使能信号和峰值清零信号。单片机MSP430FG437为U51,U51的46-50脚分别连接U52的14脚,13脚,11脚,10脚和9脚,U51的66脚是使能信号SHUT\_DOWN的输出端,U51的65脚是峰值清零信号CLR\_PEAK的输出端,U51的95脚是峰值信号Signal\_2的输入端,U51的87脚是首波信号Signal\_3的输入端。DAC8574为U52,U52的3脚和4脚接3V电源,U52的5脚和6脚接地,U52的1脚是信号DAC\_1输出端,U52的2脚是信号DAC\_2输出端,U52的7脚是信号 $V_G$ 输出端。

[0018] 参照图6,接收到的信号经过初始设置的放大倍数进行信号放大,然后进行首波检测判断是否接收到首波,若接收到首波信号将峰值检测单元使能,进行AD采样得到 $V_{peak}$ ,判

断 $V_{\text{peak}}$ 是否在 $[V_{\text{min}}, V_{\text{max}}]$ 区间内,若在区间内则根据首波检测单元输出信号的上升沿和下降沿时间计算首波过零点时间;若不是判断 $V_{\text{peak}}$ 是否大于 $V_{\text{max}}$ ,若是则减小放大倍数,若不是则增加放大倍数。

[0019] 参照图7,在分别设定两个关于回波信号相对零点对称的阈值点1和阈值点2,则分别可以得到比较信号1和比较信号2两组方波信号,将比较信号1和比较信号2进行异或则可以得到异或信号,由第一个上升沿和第二个下降沿组成首波信号,则可以根据激励信号到首波信号的上升沿时间 $T_1$ 和激励信号到首波的下降沿时间 $T_2$ 可以计算出首波过零点时间 $T$ 。

[0020] 本发明的超声波回波信号处理方法是基于上述电路,通过对回波信号的峰值测量并控制放大倍数,来保证每次测量的回波信号一致,通过首波检测来降低放大倍数变化对波形影响,提高测量的重复性和准确性;同时利用首波检测,来判断是否接收到回波,控制峰值检测单元,降低了整个电路的功耗。

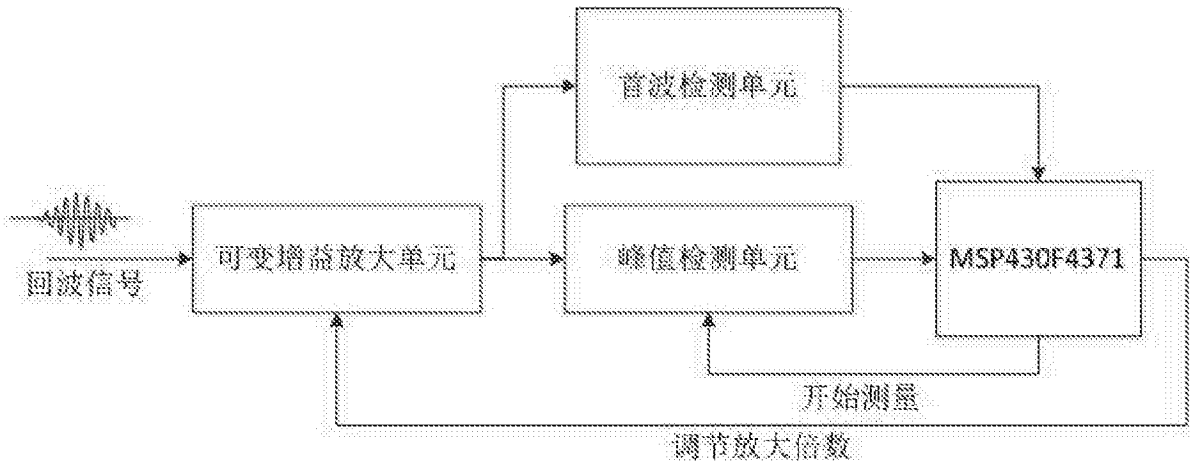


图 1

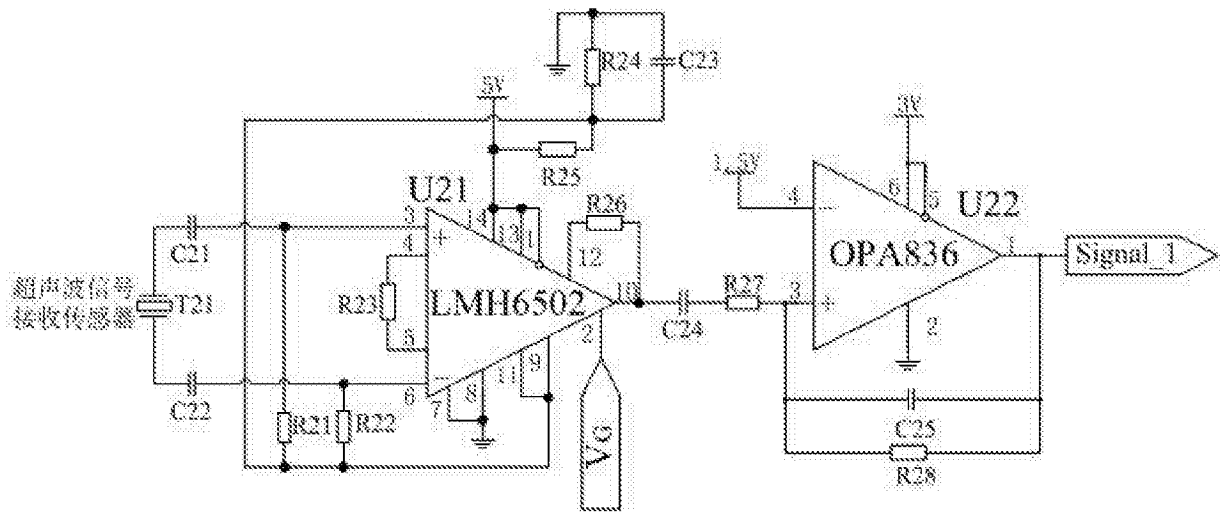


图 2

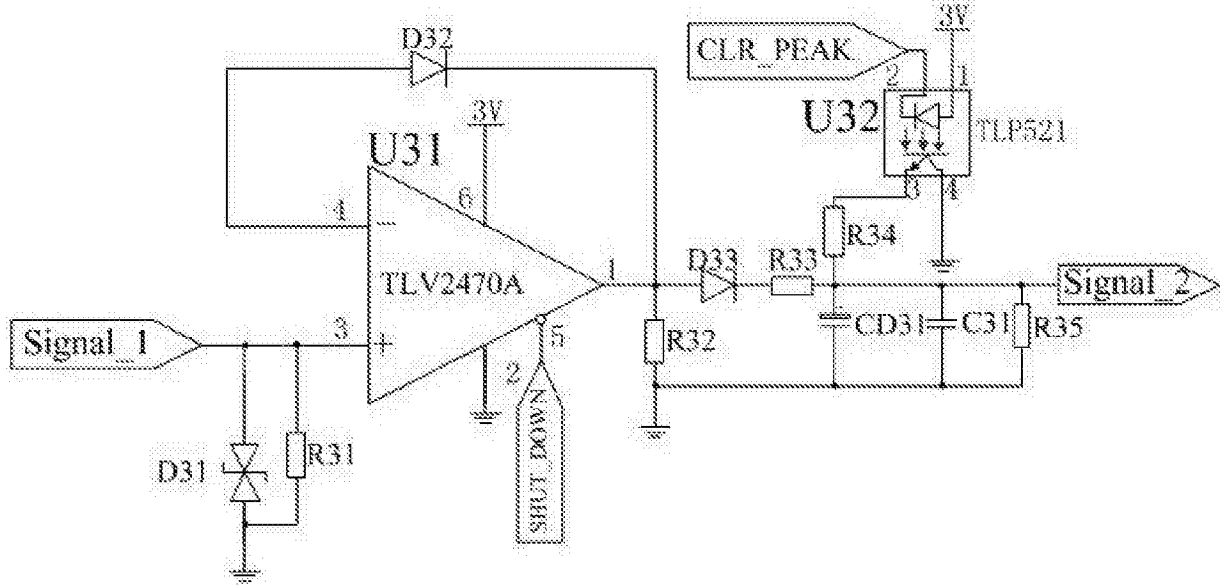


图 3

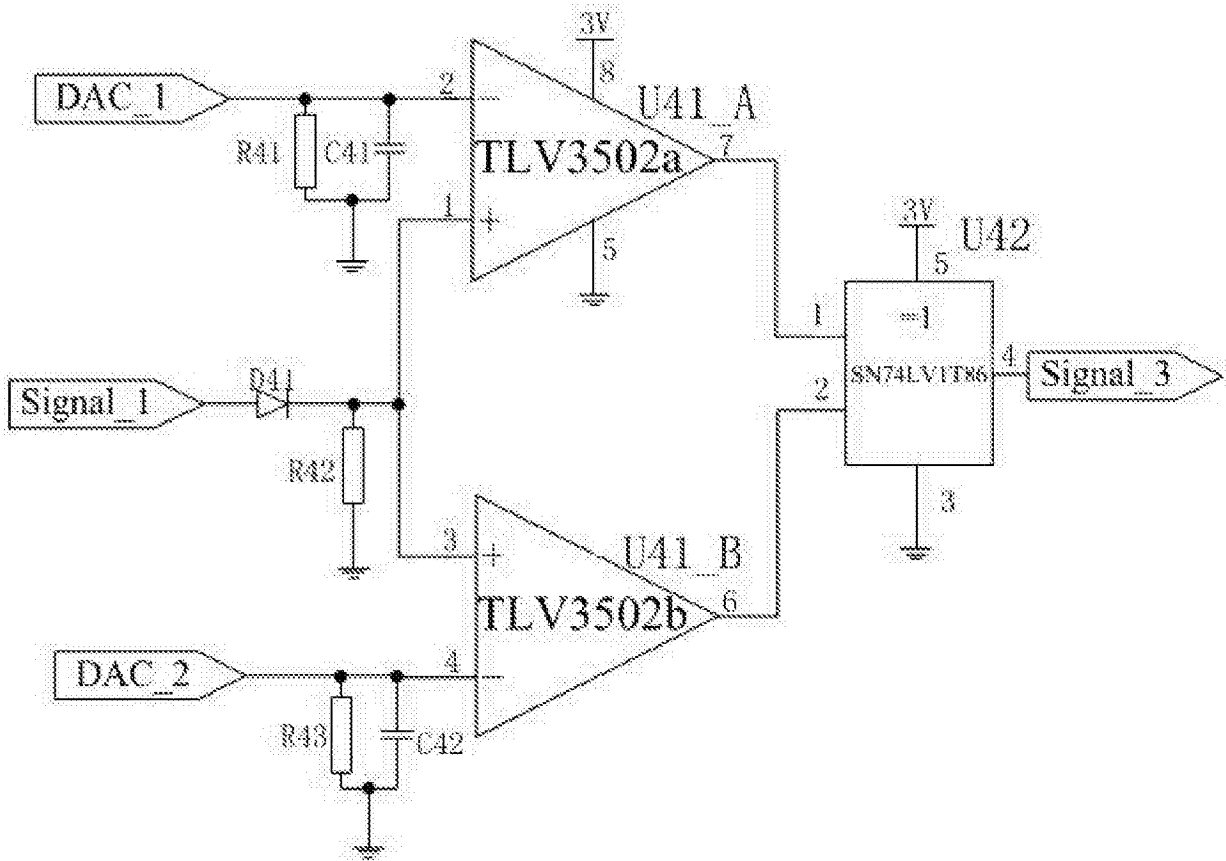


图 4



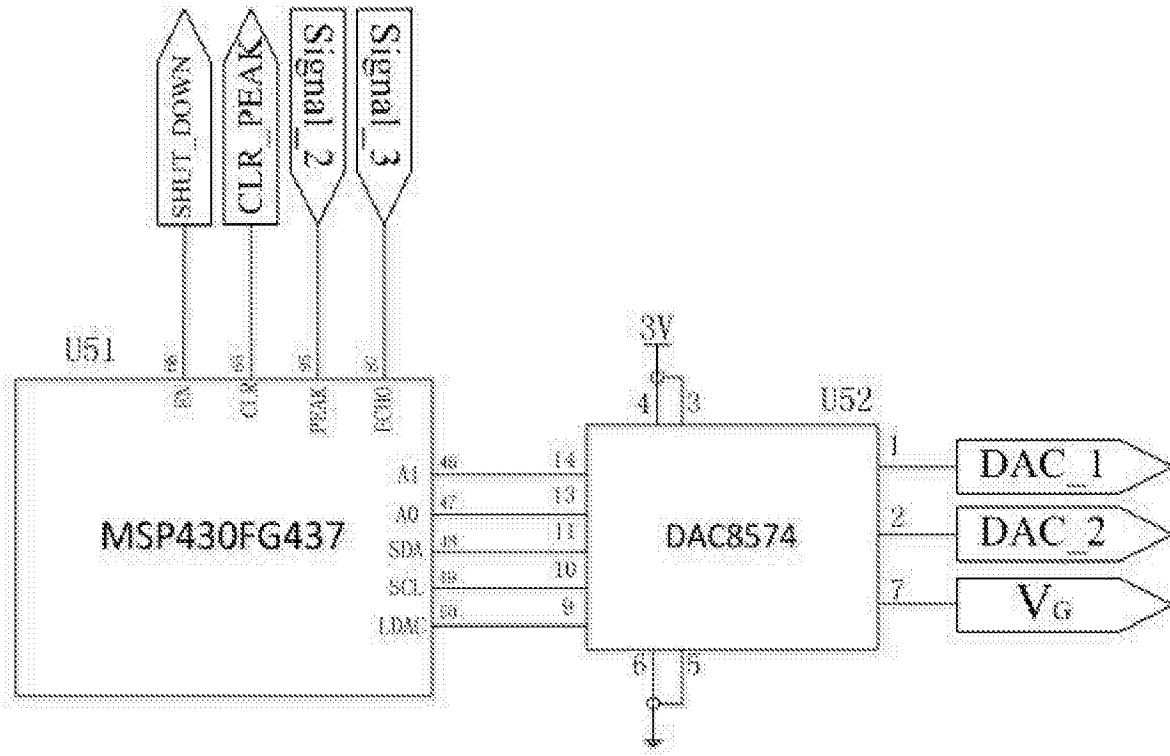


图 5

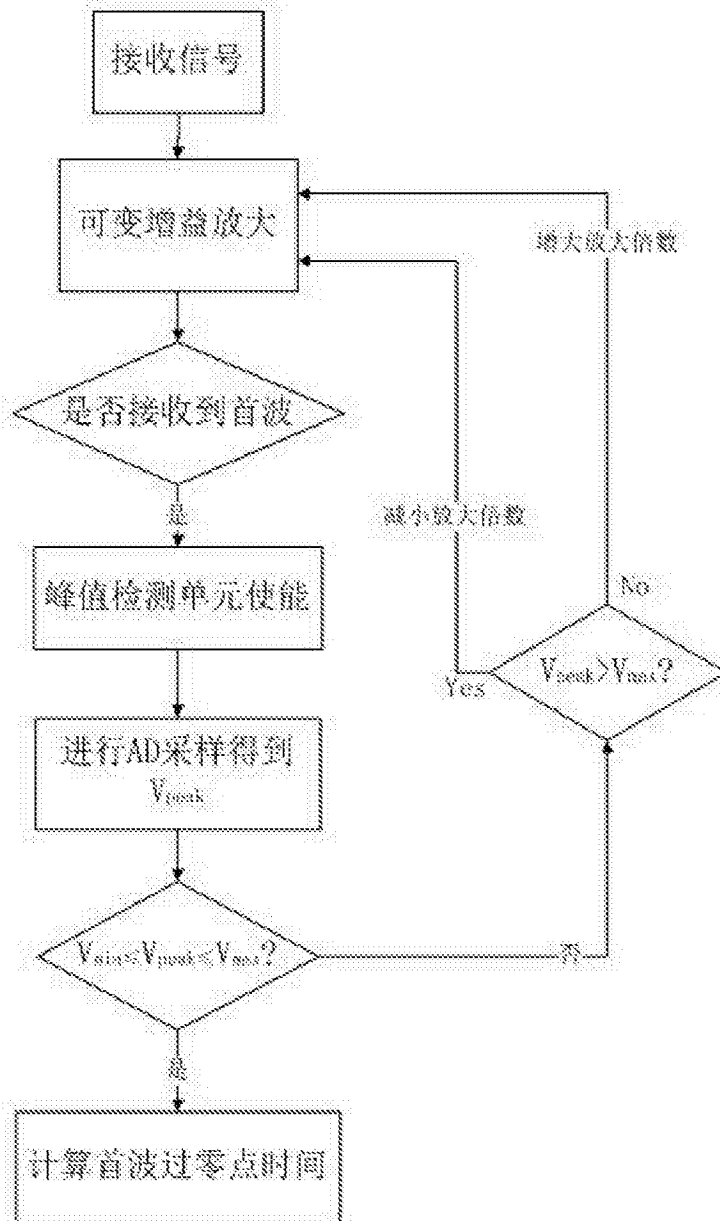


图 6

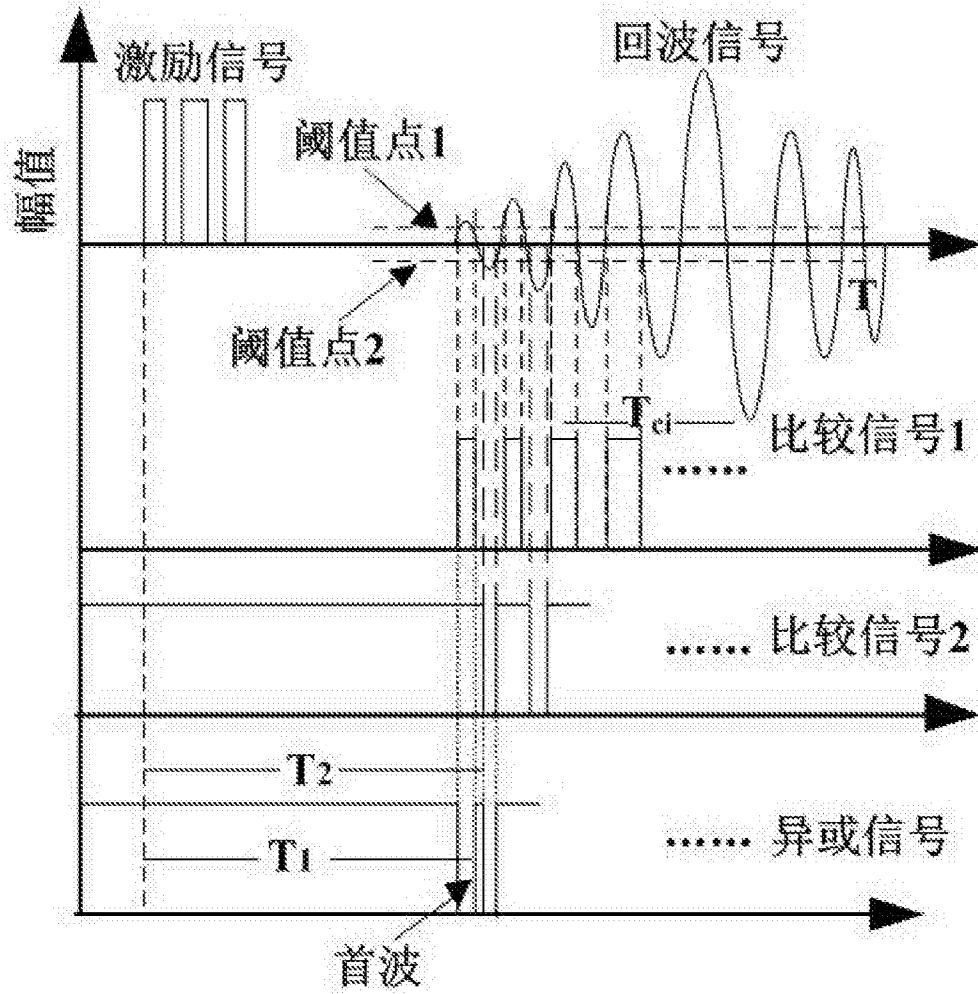


图 7